

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 21 434 A 1

⑤ Int. Cl.⁸:
G 08 F 17/50
// H 01 L 27/02

⑳ Aktenzeichen: 196 21 434.3
㉑ Anmeldetag: 28. 5. 86
㉒ Offenlegungstag: 12. 12. 96

DE 196 21 434 A 1

③④ Unionspriorität: ③② ③⑤ ③①
28.05.85 JP 130372/85

㉑ Anmelder:
NEC Corp., Tokio/Tokyo, JP

㉒ Vertreter:
Glawe, Delfs, Meil & Partner, Patentanwälte, 80536
München

㉓ Erfinder:
Akiyama, Yutaka, Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt:

⑤⑥ Verfahren zur Erzeugung eines Dreiecks- und Tetraedergitters

⑤⑦ Verfahren zur Elimination von Überschneidungen zwischen einer Substanzgrenzfläche und Dreiecken (oder Tetraedern) eines Dreiecksgitters (oder eines Tetraedergitters), welches die Bedingung der Doleansy-Teilung erfüllt und das Finitendifferenzverfahren verwendet. Als erstes werden Dreiecke, die sich mit der Substanzgrenzfläche überschneiden, ausgesucht. Eine der Ecken jedes der Dreiecke wird als beweglicher Knoten P ausgewählt, und der bewegliche Knoten wird auf die Substanzgrenzfläche projiziert, um einen Projektionspunkt P' zu erhalten. Es werden die Verfahrensobjektdreiecke, welche den beweglichen Knoten gemeinsam haben, und die peripheren Dreiecke, welche um die Verfahrensobjektdreiecke angeordnet sind, aufgelistet. Dann wird eine Prüfung durchgeführt, um festzustellen, ob der Projektionspunkt in einem über jeden der peripheren Dreiecke umschriebenen Kreis enthalten ist oder nicht. Wenn der Projektionspunkt in einem umschriebenen Kreis enthalten ist, wird am Projektionspunkt ein Knoten hinzugefügt; und unter Verwendung dieses Knotens werden Dreiecke erzeugt. Wenn jedoch der Projektionspunkt in keinem der umschriebenen Kreise enthalten ist, werden alle Verfahrensobjektdreiecke gelöscht, der bewegliche Knoten zum Projektionspunkt verschoben, und im Bereich, aus welchem die Verfahrensobjektdreiecke entfernt wurden, werden unter Verwendung des Verfahrens des maximal eingeschlossenen Winkels erneut Dreiecke konstruiert.

DE 196 21 434 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
BUNDESDRUCKEREI 10. 86 602 050/507

18/24

DE 196 21 434 A1

Beschreibung

Diese Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Dreiecksgitters oder eines Tetraedergitters in einer Simulation, welche auf dem Finitendifferenzverfahren oder einem ähnlichen Verfahren beruht.

Ein Vorrichtungssimulator für eine Halbleiteranordnung berechnet unter Verwendung eines Computers physikalische Größen innerhalb einer Halbleiteranordnung, um die elektrischen Eigenschaften, wie z. B. den Klemmenstrom und die Schwellenspannung des Transistors zu berechnen. Wenn versucht wird, Transistoren in einer Halbleiteranordnung, die durch LSI (large scale Integration = hochintegrierter Schaltkreis) dargestellt wird, so zu optimieren, daß die Halbleiteranordnung ihre höchsten elektrischen Eigenschaften vorweisen kann, können durch den Einsatz eines Vorrichtungssimulators sowohl die Kosten als auch die Laufzeit, verglichen mit der gegenwärtigen Herstellung eines Prototyps eines LSI, bedeutend verringert werden. Außerdem kann, da der Vorrichtungssimulator physikalische Größen innerhalb eines Halbleitertransistors berechnet, erforscht werden, in welcher Weise sich Elektronen oder Löcher in einem Halbleiter verhalten. Demzufolge kann der Vorrichtungssimulator verwendet werden, um zum Beispiel die Ursache der Erscheinung der Stoßionisation deutlich zu machen, welche in Bezug auf einen kleinen MOSFET (metall oxid semiconductor field effect transistor = Metall-Oxid-Feldeffekttransistor) zu einem Problem wird.

Um physikalische Größen innerhalb eines Halbleitertransistors zu erhalten, löst der Vorrichtungssimulator eine Poissonsgleichung, welche eine Beziehung zwischen dem Potential und der Ladungsträgerkonzentration darstellt, oder eine partielle Differentialgleichung einer Stromkontinuitätsgleichung oder eine ähnliche Gleichung. Als ein Verfahren zur Lösung einer partiellen Differentialgleichung gibt es ein Verfahren, bei dem eine Halbleiteranordnung in kleine Bereiche aufgeteilt und eine partielle Differentialgleichung aufgestellt und berechnet wird, wie in Ryo Dan ed., "Process Device Simulation Technology", Sangyo Tosho, pp. 90-122, beschrieben wird.

Andererseits wird, wenn eine Analyse einer Halbleiteranordnung mit einer komplizierten Struktur, wie z. B. einer Grabenstruktur, unter Verwendung eines Vorrichtungssimulators durchgeführt wird, um die Form oder die Struktur der Halbleiteranordnung genau darzustellen, die Form der Anordnung unter Verwendung eines Dreiecks unterteilt, um sie aufzutrennen, wie in C. S. Rafferty et al., "Iterative methods in semiconductor device simulation", IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. ED-32, No. 10, pp. 2018-2027, October 1985, beschrieben wird.

Die Fig. 1A, 1B und 1C sind aus der oben erwähnten Arbeit von C. S. Rafferty et al. zitiert und zeigen ein ausführliches Beispiel einer Art und Weise, in welcher eine grabenisolierte CMOS-Anordnung (Complementary MOS = komplementärer MOS) unter Verwendung dreieckiger Elemente aufgetrennt wird. Eine Halbleiteranordnung mit einer derartigen Querschnittsform, wie in Fig. 1A gezeigt wird, wird als ein derartiger Satz von dreieckigen Elementen dargestellt, wie in Fig. 1B gezeigt wird. Darüberhinaus wird in einer Fläche, die eine Grenzschicht zwischen einer p-Schicht und einer p+-Schicht oder eine Grenzschicht zwischen einer p-Schicht und einer n-Schicht umgibt, die Halbleiteranordnung in feinere oder kleinere dreieckige Elemente eingeteilt, wie in Fig. 1C gezeigt wird. Da die Form der Halbleiteranordnung als ein Satz von dreieckigen Elementen dargestellt wird, kann die Grabenstruktur genau wiedergegeben werden.

Fig. 2 zeigt einen Teil des Satzes der auf diese Weise erhaltenen dreieckigen Elemente in einem vergrößerten Maßstab. Bei der Lösung einer partiellen Differentialgleichung, die auf dem Finitendifferenzverfahren basiert und die dreieckige Elemente verwendet, ist jeder Gitterpunkt (Ecke eines Dreiecks), der in Fig. 2 durch eine dicke Kreismarkierung gezeigt wird, mit einer Vielzahl von Gitterpunkten, die über Verzweigungen (Seiten der Dreiecke) um sie herum angeordnet sind und in Fig. 2 mit durchgezogenen Linien gezeigt werden, verbunden, und auf jeder Verzweigung wird der Strom I definiert. Außerdem wird der Strom I zwischen den Gitterpunkten über dem Querschnitt (durch eine unterbrochene Linie gezeigt) des Strompfades, der durch jede Abzweigung abgedeckt wird, integriert. Der Querschnitt des Strompfades wird durch Liniensegmente dargestellt, die jeweils die Umkreismittelpunkte (dargestellt durch kleine leere Dreiecke) der beiden einzigen Dreiecke, die an den gegenüberliegenden Seiten des Strompfades als gemeinsame Seite angeordnet sind, miteinander verbinden. Um eine Vorrichtungssimulation korrekt durchzuführen, besteht demzufolge eine wesentliche Bedingung darin, daß sich die Umkreismittelpunkte der angrenzenden Dreiecke nicht einander überschneiden. Das ergibt sich daraus, daß der Querschnitt des Strompfades über welchem der Strom integriert wird, negativ wird, wenn sich die Umkreismittelpunkte der angrenzenden Dreiecke einander überschneiden. Wenn die Bedingung, daß sich die Umkreismittelpunkte der angrenzenden Dreiecke nicht überschneiden, nicht erfüllt wird, wie in Fig. 3 zu sehen ist (zitiert aus der oben erwähnten Arbeit von C. S. Rafferty et al.), liefert das Ergebnis der Analyse eine physikalisch mögliche Spannungsspitze, bei welcher das Quasi-Fermipotential 50 V beträgt. Fig. 3 ist eine Ansicht, die ein Ergebnis der Simulation zeigt, bei welcher eine Verteilung des Quasi-Fermipotentials einer Anordnung erfaßt wird. Um die Bedingung zu erfüllen, daß die Umkreismittelpunkte der angrenzenden Dreiecke sich nicht überschneiden, sollte die Delaunay-Teilung, bei der innerhalb eines über einem Dreieck umschriebenen Kreises keine Ecke eines anderen Dreiecks enthalten ist, garantiert werden.

Nebenbei bemerkt werden, wenn die Integration eines LSI weiter voranschreitet und die Größe der Anordnung sinkt, ein Schmalkanaleffekt (narrow channel effect) und ähnliche Effekte eines MOSFET zunehmend deutlich, und es ist notwendig, eine Vorrichtungssimulation vorzunehmen, die auch die tiefenmäßige Form eines Transistors berücksichtigt. Um unter Verwendung eines Tetraeders als aufteilendes Element eine beliebige Form genau in ein solches Dreiecksproblem zu unterteilen, sollte die Form einer dreidimensionalen Halbleiteranordnung als Satz von Tetraederelementen dargestellt werden. In diesem Beispiel ist der Strom an den Ecken eines Tetraeders definiert, und der Querschnitt eines Strompfades wird durch die Fläche dargestellt, die durch die Liniensegmente definiert wird, die die Umkreismittelpunkte der Tetraeder miteinander verbindet, die die Ecke gemeinsam besitzen. Bei einem dreidimensionalen Problem muß, ähnlich wie in dem oben beschriebenen

DE 196 21 434 A1

zweidimensionalen Problem, die Aufteilung in Tetraeder ebenfalls eine Delaunay-Teilung sein, bei der innerhalb einer umschriebenen Kugel des Tetraeders keine Ecke anderer Tetraeder enthalten ist, wie in M. S. Mock, "Tetrahedral elements and the Scharfetter-Gummel method", Proceeding of the NASECODE IV, PP. 36-47, 1985 beschrieben wird.

Ein Verfahren der Delaunay-Teilung der zu analysierenden Form mit Tetraederelementen wird in dem oben erwähnten Artikel von M. S. Mock beschrieben. Für eine vereinfachte Darstellung wird hier die Delaunay-Teilung eines zweidimensionalen Bereiches mit Dreieckselementen beschrieben. Das Verfahren nach Mock fügt an einer Substanzgrenzfläche einen Punkt oder einen neuen Knoten, der zur Verbesserung der Genauigkeit bei der Berechnung erforderlich ist, in einem Dreieckssatz, der bereits nach Delaunay aufgeteilt ist, einzeln hinzu. Das Verfahren ist in den Fig. 4A, 4B und 4C dargestellt.

Beim Hinzufügen eines neuen Knotens P' zu einem Dreieckssatz, der bereits nach Delaunay aufgeteilt ist, wie in Fig. 4A gezeigt wird, wird dafür ein Dreieck, welches den neuen Knoten P' enthält, innerhalb des umschriebenen Bereiches ausgesucht. In Fig. 4 zeigt jede unterbrochene Linie einen umschriebenen Kreis, und ein Bereich mit schrägen Linien zeigt die ausgesuchten Dreiecke an. Danach werden die ausgesuchten Dreiecke gelöscht, wie in Fig. 4B gezeigt wird, und die Seiten (in Fig. 4B durch die unterbrochenen Linien gezeigt) der äußersten Umhüllung, die durch die gelöschten Dreiecke definiert wird, werden ermittelt. Dann werden die Seiten der äußersten Umhüllung und der neue Knoten P' miteinander verbunden, um neue Dreiecke zu erzeugen, wie in Fig. 4C gezeigt wird. In Fig. 4C werden die neu erzeugten Dreiecke durch schräge Linien gezeigt. Auch hier erfüllt der neu erzeugte Satz von Dreiecken die Bedingung der Delaunay-Teilung. Obwohl oben die zweidimensionale Delaunay-Teilung, die auf dem Verfahren nach Mock beruht, beschrieben wird, wird die dreidimensionale Delaunay-Teilung ebenfalls nach einem ähnlichen Verfahren durchgeführt.

In dem Japanese Patent Laid-Open Application No. Hei 7-219977 (JP, A, 7-219977) wird ein Verfahren zur Löschung eines Knotens aus dem Innern eines Bereiches, für welchen die Delaunay-Teilung durchgeführt wurde, während die Bedingung der Delaunay-Teilung erfüllt bleibt, beschrieben. Entsprechend dem Verfahren werden, um einen Knoten in einer zweidimensionalen Ebene zu löschen, unter Verwendung des Verfahrens des maximal eingeschlossenen Winkels erneut Dreiecke konstruiert. Insbesondere werden ein zu löschender Knoten (Gitterspunkt) und die Gitterkanten (Seiten der Dreiecke), die mit dem Knoten verbunden sind, gelöscht, und aus den Seiten eines Polygons, welches um den gelöschten Knoten erhalten bleibt, wird eine Seite, welche bisher nicht bearbeitet wurde, ausgewählt. Danach wird eine Ecke des Polygons mit welcher der Winkel der daran enthaltenen Seite einen Maximalwert aufweist, durch welchen zusammen mit der Seite ein Dreieck definiert werden kann, ausgewählt, und mit der ausgewählten Seite und der ausgewählten Ecke wird ein neues Dreieck erzeugt. Die soeben beschriebene Folge der Arbeitsschritte wird für alle Seiten des Polygons durchgeführt. Um einen Knoten in einem dreidimensionalen Raum zu löschen, werden unter Verwendung des Verfahrens der minimal umschriebenen Kugel erneut Tetraeder konstruiert. Insbesondere werden ein Knoten und eine Gitterkante (Seite des Tetraeders), die mit einem Knoten verbunden ist, zuerst gelöscht. Da ein Polyeder, dessen Flächen Dreiecke darstellen, rund um den gelöschten Knoten erhalten bleibt, wird aus den Dreiecken der Flächen des Polyeders ein Dreieck ausgewählt, welches bisher nicht bearbeitet wurde, und eine Ecke des Polyeders, mit welchem die über dem Tetraeder umschriebene Kugel, die durch das Dreieck und die Ecke des Polyeders gebildet wird, die kleinste Größe aufweist und durch welche zusammen mit der Fläche ein Tetraeder festgelegt werden kann, ausgewählt. Dann wird mit dem ausgewählten Dreieck und der ausgewählten Ecke das neue Tetraeder erzeugt. Die soeben beschriebene Folge der Arbeitsschritte wird für alle Flächen, das heißt, für alle Dreiecke des Polyeders, durchgeführt.

Wenn übrigens bei dem Verfahren, welches die oben beschriebene Delaunay-Teilung löst, Dreiecke (oder Tetraeder) durch Hinzufügen oder Löschen von Knoten fortgeschrieben werden, tritt irgendwann auf, daß sich ein Dreieck (oder Tetraeder) und eine Substanzgrenzfläche einander überschneiden. Die Form der Substanzgrenzfläche bezeichnet hier, unter Berücksichtigung einer Halbleiteranordnung, eine Grenzschicht zwischen einer Verdrahtungsschicht und einer Halbleiterschicht, eine Grenzschicht zwischen einer Halbleiterschicht und einem Isolator, eine pn-Übergangsschicht in einer Halbleiterschicht oder eine Grenzschicht zwischen Bereichen, welche sich in der Störstellenkonzentration unterscheiden. Da die Form einer Verdrahtungsschicht, einer Isolatorschicht und einer Halbleiterschicht für eine Analyse in zwei Dimensionen als Satz von Dreiecken oder für eine Analyse in drei Dimensionen als Satz von Tetraedern dargestellt wird, wird es, wenn ein Dreieck (oder Tetraeder) über der Form einer Substanzgrenzfläche erzeugt wird, in einem Simulator für eine Halbleiteranordnung dann unmöglich die Formen der verschiedenen Teile genau darzustellen, was zu einem Fehler bei der Durchführung einer genauen Analyse führt. Deshalb werden die neu erzeugten Dreiecke (oder Tetraeder) geprüft, um festzustellen, ob sie sich mit irgendeiner Form der Substanzgrenzfläche überschneiden oder nicht, und wo sich einige Dreiecke (oder Tetraeder) mit einer Form der Substanzgrenzfläche überschneiden, muß die Überschneidung beseitigt werden. Für die Elimination von Überschneidungen sind die folgenden Verfahren anwendbar.

(Verfahren 1)

Der Erfinder der vorliegenden Erfindung schlägt in der Japanese Patent Laid-Open Application No. Hei 7-319947 (JP, A, 7-319947) ein Verfahren zum Beseitigen von Überschneidungen vor. Fig. 5 stellt ein Flußdiagramm dar, das den Ablauf des in dem JP, A, 7-319947 veröffentlichten Verfahrens beschreibt. Entsprechend dem Verfahren wird ein Dreieck (oder ein Tetraeder), welches sich mit einer Form der Grenzfläche überschneidet, zuerst (Schritt 91) gesucht, und eine Ecke P des geschnittenen Dreiecks (oder Tetraeders) wird auf die Grenzfläche der Form projiziert, um einen Projektionspunkt P' (Schritt 92) zu erhalten. An dem Projektionspunkt P' wird ein Knoten hinzugefügt (Schritt 93), und unter Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens nach Mock werden erneut Dreiecke (Tetraeder) erzeugt (Schritt 94).

DE 196 21 434 A1

(Verfahren 2)

Die Japanese Patent Laid-Open Application No. Hei 4-309183 (JP, A, 4-309183) beschreibt ein Verfahren, bei dem die Überschneidungen durch Hinzufügen eines Knotens, ähnlich wie in dem Verfahren der Japanese Patent Laid-Open Application No. Hei 7-319947 (JP, A, 7-319947), beseitigt werden. Der hinzugefügte Knoten wird jedoch nicht durch Projektion auf eine Grenzfläche der Form bestimmt.

(Verfahren 3)

Die Japanese Patent Laid-Open Application No. Hei 1-106226 (JP, A, 1-106226) beschreibt eine Technik, bei der geprüft wird, ob sich ein Tetraeder und eine Grenzschicht der Form (Formoberfläche) einander überschneiden oder nicht, und wenn sie sich einander überschneiden, wird eine Ecke des Tetraeders auf eine Position auf die Oberfläche der Form bewegt, um die Überschneidung zu beseitigen. Die Fig. 6A und 6B sind grafische Ansichten, die die Verfahren veranschaulichen. In diesen Figuren stellt die gezeigte Ellipse die Oberfläche der Form dar. Wie in Fig. 6A gezeigt wird, wird eine Ecke des Tetraeders (welches in Fig. 6A in einer dreieckigen Form gezeigt wird), welche sich mit der Grenzfläche der Form überschneidet, auf eine Position auf der festen Form bewegt, um die Überschneidung zu eliminieren.

(Verfahren 4)

Die Japanese Laid-Open Application No. Hei 4-268674 (JP, A, 4-268674) beschreibt die Beseitigung einer Überschneidung nicht eines Tetraeders sondern eines Hexaeders (quadratisches Gitter) mit Hilfe einer Bewegung eines Knotens. Wenn die Position des Knotens eines Gitters mittels Optimierung bewegt wird, wird eine Überschneidung zwischen dem quadratischen Gitter und der Grenzfläche der Form geschaffen. In der JP, A, 4-268674 wird jedoch die Überschneidung zwischen der Form und dem Gitter durch Korrektur des bewegten Knotens eliminiert, der unter Verwendung einer Formfunktion auf eine Position auf der festen Form bewegt wird.

Die oben beschriebenen herkömmlichen Verfahren, welche eine Überschneidung zwischen einem Dreieck oder Tetraeder und einer festen Form eliminieren, besitzen jedoch die folgenden Probleme. Insbesondere besteht bei dem Verfahren 1 und dem Verfahren 2 das Problem, obwohl die Delaunay-Teilung gesichert ist, da eine Überschneidung eliminiert wird, indem ein Knoten hinzugefügt wird, daß eine Erhöhung der Anzahl der Knoten und eine Erhöhung der Analysezeit nicht verhindert werden kann. Bei dem Verfahren 3 und dem Verfahren 4 ändert sich, auch wenn die Delaunay-Teilung vor der Beseitigung der Überschneidung gesichert ist, da beim Eliminieren der Überschneidung ein Knoten bewegt wird, die Form des Dreiecks (Tetraeders), was zu einem weiteren Problem führt, daß die Delaunay-Teilung nach der Beseitigung einer Überschneidung nicht unbedingt gesichert werden kann.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Gitters bereit zu stellen, welches bei der Beseitigung einer Überschneidung zwischen einer Grenzfläche der Form und einem Dreieck (oder einem Tetraeder) nach der Beseitigung einer Überschneidung die Delaunay-Teilung gesichert ist, wobei ein Anstieg der Knotenzahl klein gehalten wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch ein Verfahren zur Erzeugung eines Dreiecksgitters erreicht, bei dem aus einem Dreiecksgitter, welches der Bedingung der Delaunay-Teilung genügt, Überschneidungen zwischen den dreiecksgitterbildenden Dreiecken und einer Substanzgrenzfläche eliminiert werden, mit den Schritten:

Suche nach Dreiecken, welche in dem Dreiecksgitter enthalten sind und sich mit einer Substanzgrenzfläche überschneiden;

Auswahl einer der Ecken jedes der die Substanzgrenzfläche schneidenden Dreiecke als einen beweglichen Knoten, wobei die eine Ecke nicht auf der Substanzgrenzfläche liegt, und Projizieren des beweglichen Knotens auf die Substanzgrenzfläche, um einen Projektionspunkt zu erhalten; Auflisten der Dreiecke, welche den beweglichen Knoten gemeinsam haben, als Verfahrensobjekt Dreiecke, und Auflisten der Dreiecke, die um die Verfahrensobjekt Dreiecke herum liegen, als periphere Dreiecke; und Prüfen, um festzustellen, ob der Projektionspunkt in einem um jedes der peripheren Dreiecke umschriebenen Kreis liegt oder nicht, und, wenn der Projektionspunkt in einem umschriebenen Kreis enthalten ist, Hinzufügen eines Knotens am Projektionspunkt und Erzeugung von Dreiecken unter Verwendung des Knotens, und wenn der Projektionspunkt nicht in einem um jedes der peripheren Dreiecke umschriebenen Kreis enthalten ist, Löschen aller Verfahrensobjekt Dreiecke, Verschieben des beweglichen Knotens zum Projektionspunkt und erneutes Konstruieren von Dreiecken in dem Bereich, aus dem die Verfahrensobjekt Dreiecke entfernt wurden, unter Verwendung des Verfahrens der maximal eingeschlossenen Winkel.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird außerdem durch ein Verfahren zur Erzeugung eines Tetraedergitters erreicht, bei dem aus einem Tetraedergitter, welches der Bedingung der Delaunay-Teilung genügt, Überschneidungen zwischen ein das Tetraedergitter bildende Tetraeder und einer Substanzgrenzfläche eliminiert werden, mit den Schritten:

Suche nach Tetraedern, welche in dem Tetraedergitter enthalten sind und sich mit einer Substanzfläche überschneiden; Auswahl einer der Ecken jedes der Tetraeder, die sich mit der Substanzgrenzfläche überschneiden, als einen beweglichen Knoten, wobei eine der Ecken nicht auf der Substanzgrenzfläche liegt, und Projizieren des beweglichen Knotens auf die Substanzgrenzfläche, um einen Projektionspunkt zu erhalten;

Auflisten der Tetraeder, welche den beweglichen Knoten gemeinsam haben, als Verfahrensobjekt Tetraeder, und Auflisten der Tetraeder, welche um die Verfahrensobjekt Tetraeder herum angeordnet sind, als periphere Tetraeder.

DE 196 21 434 A1

der; und Prüfen, um festzustellen, ob der Projektionspunkt in einer um jeden der peripheren Tetraeder umschriebenen Kugel liegt oder nicht und, wenn der Projektionspunkt innerhalb der umschriebenen Kugel liegt, Hinzufügen eines Knotens am Projektionspunkt und Erzeugung von Tetraedern unter Verwendung des Knotens, und wenn der Projektionspunkt nicht in einer um jeden der peripheren Tetraeder umschriebenen Kugel liegt, Löschen aller Verfahrensobjektetetraeder, Verschieben des beweglichen Knotens zum Projektionspunkt und erneutes Konstruieren von Tetraedern in dem Bereich, aus dem die Verfahrensobjektetetraeder entfernt wurden, unter Verwendung des Verfahrens der minimal umschriebenen Kreise.

Bei der vorliegenden Erfindung wird vorzugsweise eine der Ecken dieser Dreiecke (Tetraeder) als beweglicher Knoten ausgewählt, der sich mit einer Substanzgrenzfläche überschneidet und der durch den kleinsten Abstand von der Substanzgrenzfläche getrennt ist.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird eine der Ecken jedes der Dreiecke (Tetraeder), die sich mit einer Substanzgrenzfläche überschneidet, unter der Bedingung als beweglicher Knoten ausgewählt, daß die Ecke sich nicht auf der Substanzgrenzfläche befindet, und es wird unterschieden, ob die Bedingung der Delaunay-Teilung noch erfüllt ist oder nicht, wenn der bewegliche Knoten zum Projektionspunkt verschoben ist, der durch die Projektion des beweglichen Knotens auf die Substanzgrenzfläche erhalten wird. Dann wird, wenn die Bedingung der Delaunay-Teilung erfüllt ist, der bewegliche Knoten zum Projektionspunkt bewegt, und unter Verwendung des beweglichen Knotens werden erneut Dreiecke (Tetraeder) konstruiert. Wenn jedoch die Bedingung der Delaunay-Teilung nicht erfüllt wird, wird der bewegliche Knoten nicht verschoben, sondern der Projektionspunkt wird als Knoten hinzugefügt. Folglich wird die Delaunay-Teilung gesichert, und ein Ansteigen der Anzahl der Knoten kann auf ein erforderliches minimales Maß abgesenkt werden.

Im allgemeinen wird, wenn eine Substanzgrenzfläche und ein Dreieck (Tetraeder) einander überschneiden, die Anzahl derartiger sich einander überschneidender Dreiecke (Tetraeder) ein Mehrfaches, und auch die Anzahl der Ecken, welche als bewegliche Knoten ausgewählt werden können, wird ein Mehrfaches. Da berücksichtigt wird, daß die Wahrscheinlichkeit steigt, daß die Delaunay-Teilung erhalten bleibt, wenn ein beweglicher Knoten auf eine Substanzgrenzfläche verschoben wird, wenn sich der Abstand zwischen dem beweglichen Knoten und der Substanzgrenzfläche verringert, ist es effektiv, um einen Anstieg der Knotenzahl zu verhindern, die eine der Ecken der Dreiecke (Tetraeder) als beweglichen Knoten auszuwählen, die sich mit der Substanzgrenzfläche überschneidet, welche den kleinsten (aber nicht Null) Abstand von der Substanzgrenzfläche ausweist.

Die Anwendungen der vorliegenden Erfindung verringern die Berechnungszeit des Finitendifferenzverfahrens bedeutend.

Die obigen und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung sollen durch die folgende Beschreibung auf der Grundlage der bei liegenden Zeichnungen, welche ein Beispiel des bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung veranschaulichen, deutlich werden.

Fig. 1A stellt eine Querschnittsansicht eines Beispiels einer Halbleiteranordnung dar;

Fig. 1B und 1C sind grafische Ansichten, die ein Beispiel eines Dreiecksgitters zeigen, das aus der in Fig. 1A gezeigten Halbleiteranordnung erzeugt wird;

Fig. 2 ist eine grafische Ansicht, die die elektrischen Ströme des Dreiecksgitters und einen Integrationsbereich derselben veranschaulicht;

Fig. 3 ist eine grafische Ansicht, die ein Beispiel eines Ergebnisses einer Simulation zeigt und die verdeutlicht, daß eine Überschneidung eines Umkreismittelpunktes ein unangemessenes Simulationsergebnis herbeiführt;

Fig. 4A, 4B und 4C sind grafische Ansichten, die das Verfahren der Delaunay-Teilung in zwei Dimensionen veranschaulichen;

Fig. 5 stellt ein Flußdiagramm dar, das ein Beispiel einer herkömmlichen Technik zum Eliminieren einer Überschneidung zwischen einem Dreieck und einer Substanzgrenzfläche veranschaulicht;

Fig. 6A und 6B sind grafische Ansichten, die eine weitere konventionelle Technik zum Eliminieren einer Überschneidung zwischen einem Dreieck und einer Substanzgrenzfläche veranschaulichen;

Fig. 7 stellt ein Flußdiagramm dar, das die Verarbeitung mit Hilfe des Verfahrens zur Erzeugung eines Dreiecks entsprechend einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 8A, 8B, 8C, 8D und 8E sind grafische Ansichten, die ein konkretes Beispiel der Erzeugung eines Dreiecksgitters entsprechend einem ersten Ausführungsbeispiel zeigen;

Fig. 9 ist eine grafische Ansicht, die die Struktur der zum Eliminieren einer Überschneidung mit einer Substanzgrenzfläche verwendeten Daten zeigt; und

Fig. 10 stellt ein Flußdiagramm dar, das die Verarbeitung mit Hilfe des Verfahrens zur Erzeugung eines Tetraeders entsprechend einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele:

Erstes Ausführungsbeispiel

Unter Bezugnahme auf Fig. 7 wird die Erzeugung eines Dreiecksgitters für eine Analyse, die auf dem Finitendifferenzverfahren basiert, in zwei Dimensionen beschrieben. Die Fig. 8A bis 8E zeigen darüberhinaus der Reihe nach verschiedene Schritte des Ablaufs der Erzeugung eines Dreiecksgitters. Zuerst wird im Schritt 51 eines der Dreiecke, welches sich mit der Substanzgrenzfläche B überschneidet, aus einem Satz von Dreiecken mit Delaunay-Teilung ausgesucht. Bei dem in Fig. 8A gezeigten Beispiel überschneidet sich ein Dreieck L1 mit der Substanzgrenzfläche B (durch die dicke Linie in Fig. 8A gezeigt). Dann wird im Schritt 52 eine Ecke, welche zum ausgesuchten Dreieck L1 gehört und die sich nicht auf der Substanzgrenzfläche B befindet, als beweglicher Knoten P ausgewählt, und der bewegliche Knoten P wird auf die Substanzgrenzfläche B projiziert, um einen Projektionspunkt P' zu erhalten. Da sich tatsächlich eine Vielzahl von Dreiecken mit der Substanzgrenzfläche B (in dem gezeigten Beispiel mit drei Dreiecken L1, L2 und L3) überschneidet, wird die eine der Ecken der drei

DE 196 21 434 A1

Dreiecke, welche sich nicht auf der Substanzgrenzfläche B befindet und durch den kleinsten Abstand von der Substanzgrenzfläche B getrennt ist, als beweglicher Knoten P ausgewählt.

Dann werden im Schritt 53 jene Dreiecke, das heißt, die Verfahrensobjektdreiecke, aufgelistet, welche den beweglichen Knoten P gemeinsam haben. In dem in Fig. 8B gezeigten Beispiel sind sechs Verfahrensobjektdreiecke L1 bis L6 einbezogen. Die drei Dreiecke L3 bis L5 von ihnen überschneiden sich jedoch nicht mit der Substanzgrenzfläche B. Nachdem die Verfahrensobjektdreiecke aufgelistet sind, werden im Schritt 54 jene Dreiecke, das heißt, die peripheren Dreiecke, welche um die Verfahrensobjektdreiecke angeordnet sind, aufgelistet. Die peripheren Dreiecke sind jene Dreiecke, welche mit einem der Verfahrensobjektdreiecke selbst eine gemeinsame Seite besitzen. In dem in Fig. 2B gezeigten Beispiel sind sechs periphere Dreiecke J1 bis J6 enthalten.

Danach wird im Schritt 55 geprüft, um festzustellen, ob der Projektionspunkt P' in einem um die peripheren Dreiecke J1 bis J6 umschriebenen Kreis enthalten ist oder nicht. Die Prüfung wird in Fig. 8C verdeutlicht, in welcher die Kreise mit den unterbrochenen Linien die umschriebenen Kreise der peripheren Dreiecke J1 bis J6 zeigen. Wenn der Projektionspunkt P' in einem der umschriebenen Kreise enthalten ist, wird im Schritt 59, wenn die Delaunay-Teilung nicht erfüllt ist, wenn der bewegliche Punkt P wie er ist zum Projektionspunkt P' verschoben wird, der bewegliche Knoten P nicht verschoben, sondern es wird ein Knoten am Projektionspunkt hinzugefügt, und es werden Dreiecke erzeugt, um die Überschneidung zu eliminieren, womit der Prozeß beendet ist.

Andererseits werden, wenn im Schritt 55 der Projektionspunkt P' nicht in einem der umschriebenen Kreise enthalten ist, alle Verfahrensobjektdreiecke L1 bis L6 im Schritt 56 gelöscht, wie in Fig. 8D gezeigt wird. Dann wird im Schritt 57 der bewegliche Knoten P zum Projektionspunkt P' verschoben, woraufhin der Ablauf der Arbeitsschritte bei Schritt 58 weitergeht. Im Schritt 58 werden unter Verwendung des Verfahrens des maximal enthaltenen Winkels erneut Dreiecke in dem Bereich, aus welchem die Verfahrensobjektdreiecke im Schritt 56 gelöscht wurden, unter Verwendung der äußersten umhüllenden Seiten des Bereiches und des Knotens P' nach der Verschiebung konstruiert, womit der Prozeß beendet ist. Fig. 8E zeigt einen Satz von Dreiecken nach der erneuten Konstruktion und die erneut konstruierten Dreiecke sind mit K1 bis K5 bezeichnet.

Mit Hilfe des oben beschriebenen Prozesses werden Überschneidungen zwischen Dreiecken und einer Substanzgrenzfläche eliminiert.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf Fig. 9 ein Beispiel einer Datenstruktur beschrieben, die verwendet wird, wenn die oben beschriebene Verarbeitung durchgeführt wird. In der gezeigten Datenstruktur werden an den betreffenden Dreiecken und Knoten Zahlen angebracht. Die Dreiecke, welche hier mit dem betreffenden Dreieck eine gemeinsame Seite besitzen, werden als angrenzende Dreiecke des betreffenden Dreiecks definiert. Für jedes der Dreiecke werden die Zahlen der angrenzenden Dreiecke und der Knoten, die in dem Dreieck enthalten sind, in einem Speicher gespeichert. Jeder Knoten ist einer der Ecken des Dreiecks. Außerdem werden für jeden Knoten die Zahlen jener Dreiecke, das heißt, der angeschlossenen Dreiecke, welche den Knoten als Ecke besitzen, und die Koordinatenwerte der Knoten in einem Speicher gespeichert. Wenn die Daten der beschriebenen Struktur verwendet werden, entsprechen die einzelnen Dreieckszahlen und die Zahlen der Knoten, die das Dreieck bilden, einander und es kann leicht durchgeführt werden, eine Knotenzahl oder -zahlen aus einer Dreieckszahl zu erhalten und umgekehrt, aus einer Knotenzahl, eine Dreieckszahl, welche den Knoten dieser Knotenzahl enthält. Außerdem können, da die angrenzende Dreieckszahlen im Speicher gespeichert sind, leicht Informationen der Dreiecke erhalten werden, die an irgendein Dreieck angrenzen.

Wenn die oben beschriebene Datenstruktur eingesetzt wird, um die Verfahrensobjektdreiecke im oben beschriebenen Schritt 53 aufzulisten, ist es nur erforderlich, die Dreieckszahl der Verbindungs Dreiecke aus den Daten der Knotenzahlen, die dem beweglichen Knoten entsprechen, abzurufen. Wenn außerdem im Schritt 54 die peripheren Dreiecke aufzulisten sind, ist es nur erforderlich, die Verfahrensobjektdreiecke aus dem aufgelisteten Satz der Dreiecke als angrenzende Dreiecke aus den Daten der Verfahrensobjektdreiecke zu entfernen.

Zweites Ausführungsbeispiel

Unter Bezugnahme auf Fig. 10 wird die Erzeugung eines Tetraedergitters beschrieben, wenn eine auf dem Finitendifferenzverfahren beruhende Analyse in drei Dimensionen durchgeführt werden soll.

Zuerst wird im Schritt 61 aus innerhalb einer Gruppe von Tetraedern mit Delaunay-Teilung ein Tetraeder ausgesucht, welcher sich mit der Substanzgrenzfläche überschneidet. Dann wird im Schritt 62 eine Ecke, welche zu dem ausgesuchten Tetraeder gehört und die nicht auf der Substanzgrenzfläche liegt, als beweglicher Knoten P ausgewählt, und der bewegliche Knoten P wird auf die Substanzgrenzfläche projiziert, um einen Projektionspunkt P' zu erhalten.

Da sich tatsächlich eine Vielzahl von Tetraedern mit der Substanzgrenzfläche überschneidet, wird eine der Ecken des Tetraeders, welche nicht auf der Substanzgrenzfläche liegt und durch den kleinsten Abstand von der Substanzgrenzfläche getrennt ist, als beweglicher Knoten P ausgewählt. Im Schritt 63 werden jene Tetraeder, das heißt, die Verfahrensobjekttetraeder, welche den beweglichen Knoten P gemeinsam haben, aufgelistet, und im Schritt 64 werden dann jene Tetraeder, das heißt die peripheren Tetraeder, welche um die Verfahrensobjekttetraeder angeordnet sind, aufgelistet. Die peripheren Tetraeder kennzeichnen die Tetraeder, welche mit einigen der Verfahrensobjekttetraeder eine Ecke gemeinsam haben, jedoch nicht das Verfahrensobjekttetraeder selbst sind.

Dann wird im Schritt 65 geprüft, um festzustellen, ob der Projektionspunkt P' in der um jeder der aufgelisteten Tetraeder umschriebenen Kugel enthalten ist oder nicht. Wenn der Projektionspunkt P' in einer der umschriebenen Kugeln enthalten ist, geht, wenn die Delaunay-Teilung nicht erfüllt wird, wenn der bewegliche Knoten P so wie er ist zum Projektionspunkt verschoben wird, der Ablauf der Arbeitsschritte mit Schritt 69 weiter, bei dem

DE 196 21 434 A1

am Projektionspunkt P' ohne Bewegung des beweglichen Knotens P ein Knoten hinzugefügt wird, und es werden Tetraeder erzeugt, die den hinzugefügten Knoten verwenden, um die Überschneidung zu eliminieren, womit der Prozeß beendet ist.

Andererseits werden, wenn der Projektionspunkt P' im Schritt 65 nicht in einer der umschriebenen Kugeln enthalten ist, alle Verfahrensobjekt-tetraeder im Schritt 65 gelöscht, und dann wird im Schritt 67 der bewegliche Knoten P zum Projektionspunkt P' verschoben. Wenn die Verfahrensobjekt-tetraeder gelöscht werden und ein Polyeder mit Dreiecksflächen in einem Bereich gebildet wird, aus welchem die Verfahrensobjekt-tetraeder gelöscht wurden, werden im Schritt 68 erneut unter Verwendung des Verfahrens der minimal umschriebenen Kugel und unter Verwendung der äußersten Umhüllungsfläche des Bereiches und dem Knoten P' nach der Verschiebung Tetraeder konstruiert, womit der Prozeß beendet ist.

Mit Hilfe des oben beschriebenen Prozesses wird die Überschneidung zwischen einem Tetraeder und der Substanzgrenzfläche eliminiert.

Es wird hier überprüft, in welchem Umfang sich die Zeit, die für eine auf dem Finitendifferenzverfahren beruhenden Analyse benötigt wird, von der unterscheidet, bei der ein Dreiecksgitter entsprechend der vorliegenden Erfindung erzeugt wird, und der, bei der ein Dreiecksgitter entsprechend einer herkömmlichen Technik erzeugt wird.

Es sei angenommen, daß die Anzahl der Knoten n ist, die Analysezeit durch das Finitendifferenzverfahren steigt dann im Verhältnis zu n auf die 1,5-te Potenz an. Die Anzahl der Knoten, bevor die Elimination der Knoten durchgeführt wird, wird durch n_0 dargestellt. Entsprechend der herkömmlichen Technik werden Knoten fast bedingungslos hinzugefügt, um Überschneidungen zu eliminieren, und die Anzahl der so hinzugefügten Knoten wird mit n_c dargestellt. Bei diesem Beispiel ist die Rate r, bei welcher der Prozeß des Finitendifferenzverfahrens durch Einsatz der Technik entsprechend der vorliegenden Erfindung beschleunigt wird, gegeben durch

$$r = \frac{(\text{konventionelle Technik})}{(\text{vorliegenden Erfindung})} = \frac{n_0^{1,5}}{(n_0 - n_c)^{1,5} + \alpha}$$

wobei α die erforderliche Zeit ist, die Dreiecke zu konstruieren, welche in der vorliegenden Erfindung einen beweglichen Punkt enthalten. Die Berechnung zur Konstruktion der Dreiecke, welche einen beweglichen Punkt enthalten, wird benötigt, um eine endliche Anzahl von Malen, ungeachtet der Gesamtzahl der Knoten, durchgeführt zu werden. Wenn die Anzahl n_c von Knoten, die zum Eliminieren der Überschneidungen hinzugefügt wird, insbesondere $n_c = 1345$ beträgt, wobei die Knotenzahl $n_0 = 10252$ ist, wird durch den Einsatz der Technik entsprechend der vorliegenden Erfindung eine Verminderung der Berechnungszeit um annähernd 20 Prozent erreicht.

Es ist jedoch einzusehen, daß obwohl die Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung in der vorhergehenden Beschreibung dargelegt wurden, die Offenbarung nur beispielhaft ist und daß innerhalb des Umfangs der anhängenden Ansprüche Veränderungen in der Anordnung der Teile vorgenommen werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Dreiecksgitters, bei dem aus einem Dreiecksgitter, welches der Bedingung der Delaunay-Teilung genügt, Überschneidungen zwischen das Dreiecksgitter bildenden Dreiecken und einer Substanzgrenzfläche eliminiert werden, mit den Schritten:
Suche nach Dreiecken, die in dem Dreiecksgitter enthalten sind und eine Substanzgrenzfläche schneiden;
Auswahl einer der Ecken jedes der die Substanzgrenzfläche schneidenden Dreiecke als einen beweglichen Knoten, wobei die eine Ecke nicht auf der Substanzgrenzfläche liegt, und Projizieren des beweglichen Knotens auf die Substanzgrenzfläche, um einen Projektionspunkt zu erhalten.
Auflisten der Dreiecke, die den beweglichen Knoten gemeinsam haben, als Verfahrensobjekt-dreiecke, und Auflisten der Dreiecke, die um die Verfahrensobjekt-dreiecke herum liegen, als periphere Dreiecke; und Prüfen, um festzustellen, ob der Projektionspunkt in einem um jedes der peripheren Dreiecke umschriebenen Kreis liegt; und, wenn dies der Fall ist, Hinzufügen eines Knotens am Projektionspunkt und Erzeugung von Dreiecken unter Verwendung des Knotens, und wenn der Projektionspunkt nicht in einem um jedes der peripheren Dreiecke umschriebenen Kreis liegt, Löschen aller Verfahrensobjekt-dreiecke, Verschieben des beweglichen Knotens zum Projektionspunkt und erneutes Konstruieren von Dreiecken in dem Bereich, aus dem die Verfahrensobjekt-dreiecke entfernt wurden, unter Verwendung des Verfahrens des maximalen eingeschlossenen Winkels.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem diejenige Ecke der die Substanzgrenzfläche schneidenden Dreiecke, die den geringsten Abstand von der Substanzgrenzfläche hat, als der bewegliche Knoten gewählt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine Datenstruktur verwendet wird, bei der den das Dreiecksgitter bildenden Dreiecken und Knoten einzeln Nummern zugeordnet werden, und daß für jedes der Dreiecke die Nummern von benachbarten Dreiecken und die Nummern von in dem Dreieck enthaltenen Knoten in einem Speicher gespeichert werden, während für jeden der Knoten die Nummern der Dreiecke, die den Knoten als Ecke haben, und die Koordinatenwerte des Knotens in dem Speicher gespeichert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Dreiecksgitter für eine Analyse nach dem Verfahren der finiten Differenzen benutzt wird.

DE 196 21 434 A1

5. Verfahren zur Erzeugung eines Tetraedergitters, bei dem aus einem Tetraedergitter, welches der Bedingung der Delaunay-Teilung genügt, Überschneidungen zwischen das Tetraedergitter bildenden Tetraedern und einer Substanzgrenzfläche eliminiert werden, mit den Schritten:

Suche nach Tetraedern, die in dem Tetraedergitter enthalten sind und eine Substanzgrenzfläche schneiden; Auswahl einer der Ecken jedes der die Substanzgrenzfläche schneidenden Tetraeder als einen beweglichen Knoten, wobei die eine Ecke nicht auf der Substanzgrenzfläche liegt, und Projizieren des beweglichen Knotens auf die Substanzgrenzfläche, um einen Projektionspunkt zu erhalten.

Auflisten der Tetraeder, die den beweglichen Knoten gemeinsam haben, als Verfahrensobjektettraeder, und Auflisten der Tetraeder, die um die Verfahrensobjektettraeder herum liegen, als periphere Tetraeder; und

Prüfen, um festzustellen, ob der Projektionspunkt in einer um jedes der peripheren Tetraeder umschriebenen Kugel liegt und, wenn dies der Fall ist, Hinzufügen eines Knotens am Projektionspunkt und Erzeugung von Tetraedern unter Verwendung des Knotens, und wenn der Projektionspunkt nicht in einer um jedes der peripheren Tetraeder umschriebenen Kugel liegt, Löschen aller Verfahrensobjektettraeder, Verschieben des beweglichen Knotens zum Projektionspunkt und erneutes Konstruieren von Tetraedern in dem Bereich, aus dem die Verfahrensobjektettraeder entfernt wurden, unter Verwendung des Verfahrens des maximalen eingeschlossenen Winkels.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem diejenige Ecke der die Substanzgrenzfläche schneidenden Tetraeder, die den geringsten Abstand von der Substanzgrenzfläche hat, als der bewegliche Knoten gewählt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Tetraedergitter für eine Analyse nach dem Verfahren der finiten Differenzen benutzt wird.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

DE 196 21 434 A1

Int. Cl. 8:

G 08 F 17/60

Offenlegungstag:

12. Dezember 1996

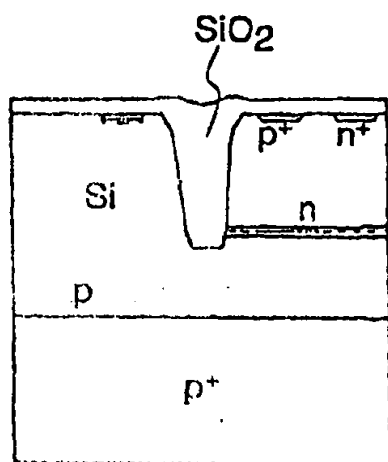


FIG. 1A
(STAND DER TECHNIK)

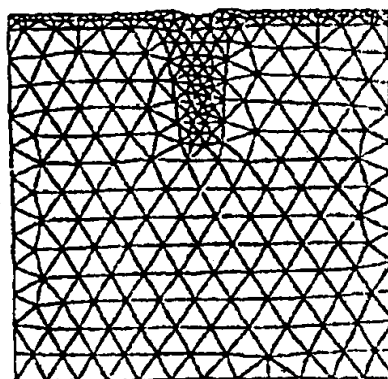


FIG. 1B
(STAND DER TECHNIK)

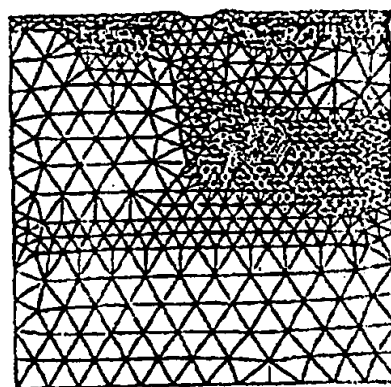


FIG. 1C
(STAND DER TECHNIK)

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer: DE 195 21 434 AT
Int. Cl.⁸: G 06 F 17/60
Offenlegungstag: 12. Dezember 1998

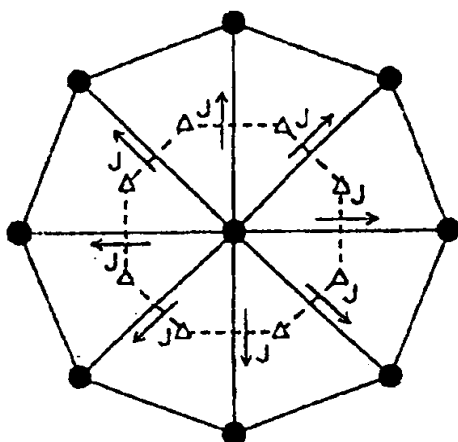


FIG. 2
(STAND DER TECHNIK)

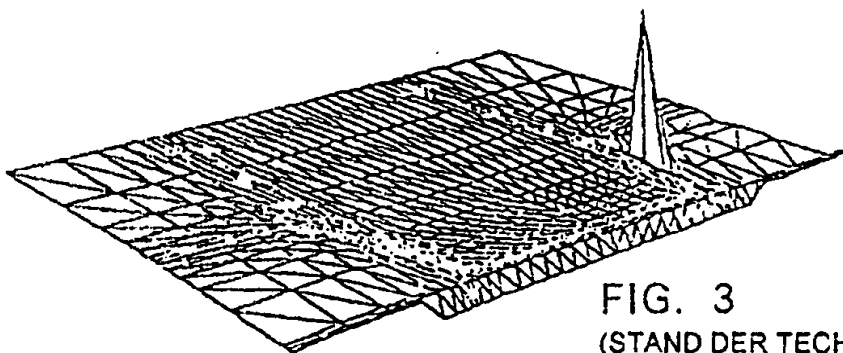


FIG. 3
(STAND DER TECHNIK)

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:

Int. Cl.:

Offenlegungstag:

DE 195 21 434 A1

G 06 F 17/50

12. Dezember 1998

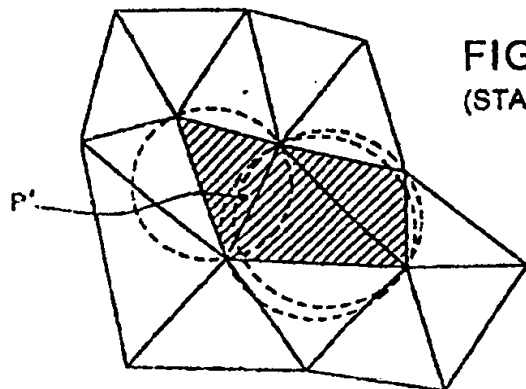


FIG. 4A
(STAND DER TECHNIK)

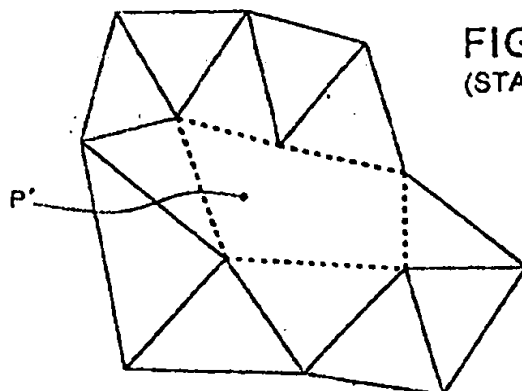


FIG. 4B
(STAND DER TECHNIK)

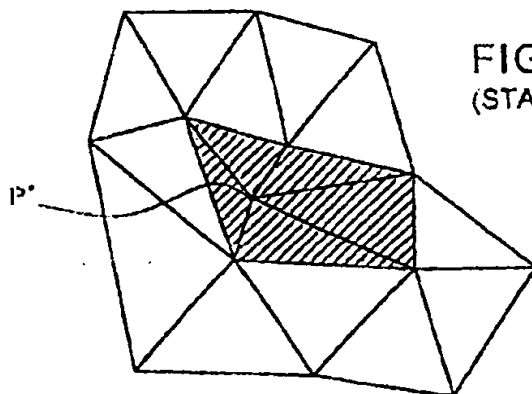


FIG. 4C
(STAND DER TECHNIK)

ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:

DE 198 21 434 A1

Int. Cl.®:

G 06 F 17/60

Offenlegungstag:

12. Dezember 1996

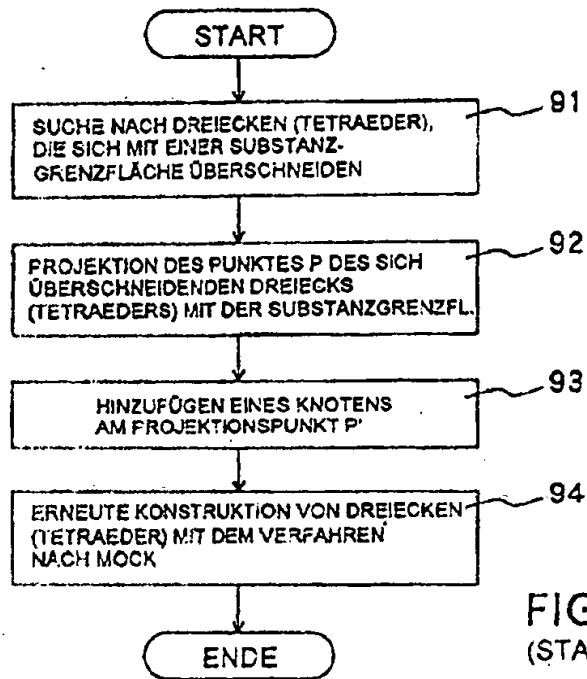


FIG. 5
(STAND DER TECHNIK)

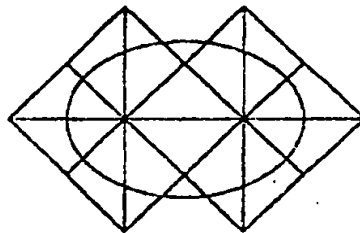


FIG. 6A
(STAND DER TECHNIK)

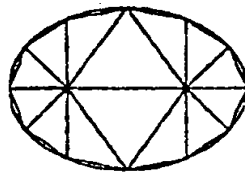


FIG. 6B
(STAND DER TECHNIK)

ZEICHNUNGEN SEITE 5

Nummer:

Int. Cl.:

Offenlegungstag:

DE 196 21 434 A1

G 06 F 17/50

12. Dezember 1993

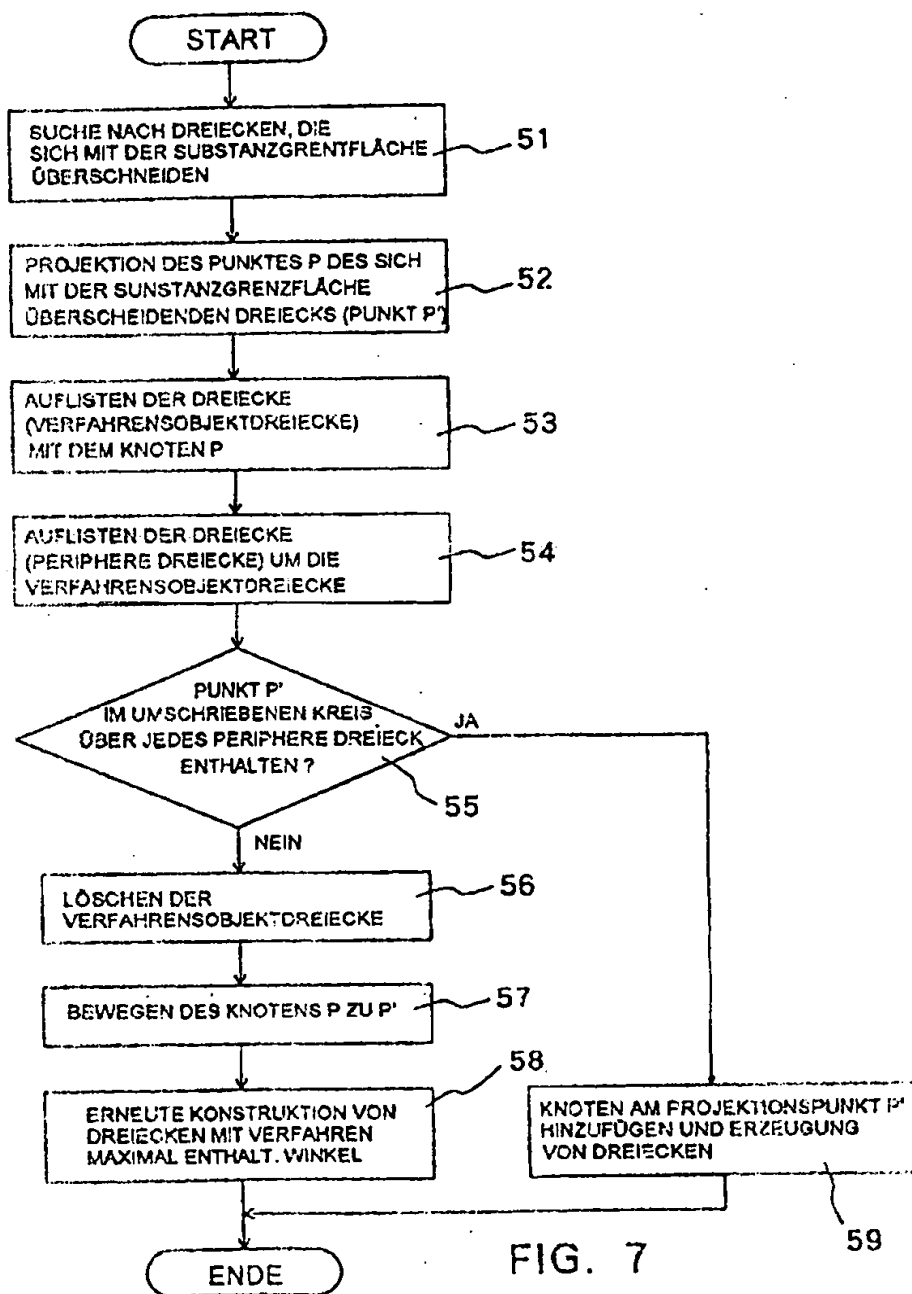


FIG. 7

ZEICHNUNGEN SEITE 8

Nummer:

DE 196 21 434 A1

Int. Cl. 8:

G 06 F 17/60

Offenlegungstag:

12. Dezember 1998

FIG. 8A

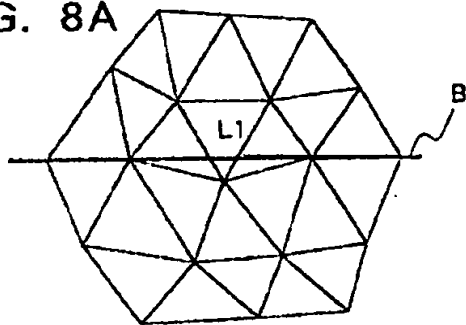


FIG. 8D

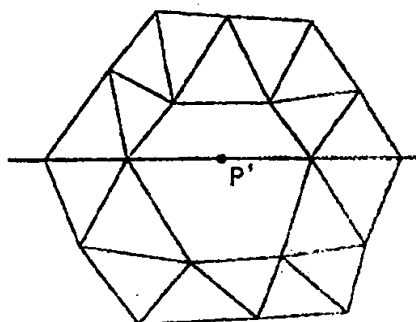


FIG. 8B

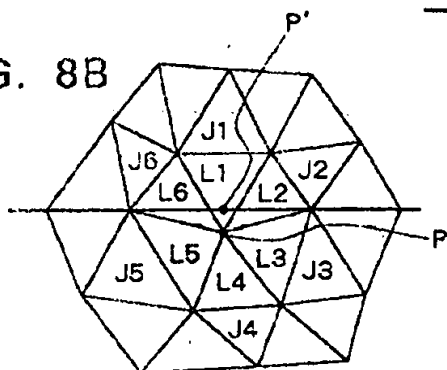


FIG. 8C

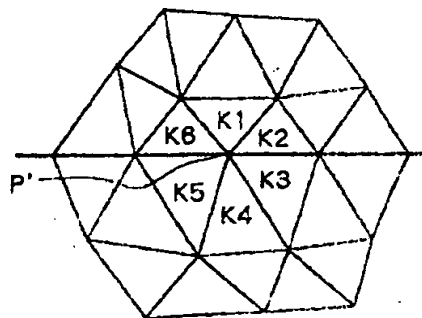
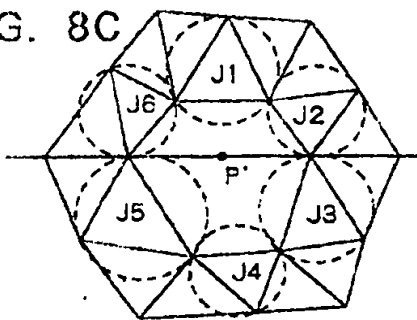


FIG. 8E

ZEICHNUNGEN SEITE 8

Nummer:

DE 196 21 434 A1

Int. Cl.:

G 06 F 17/50

Offenlegungstag:

12. Dezember 1966

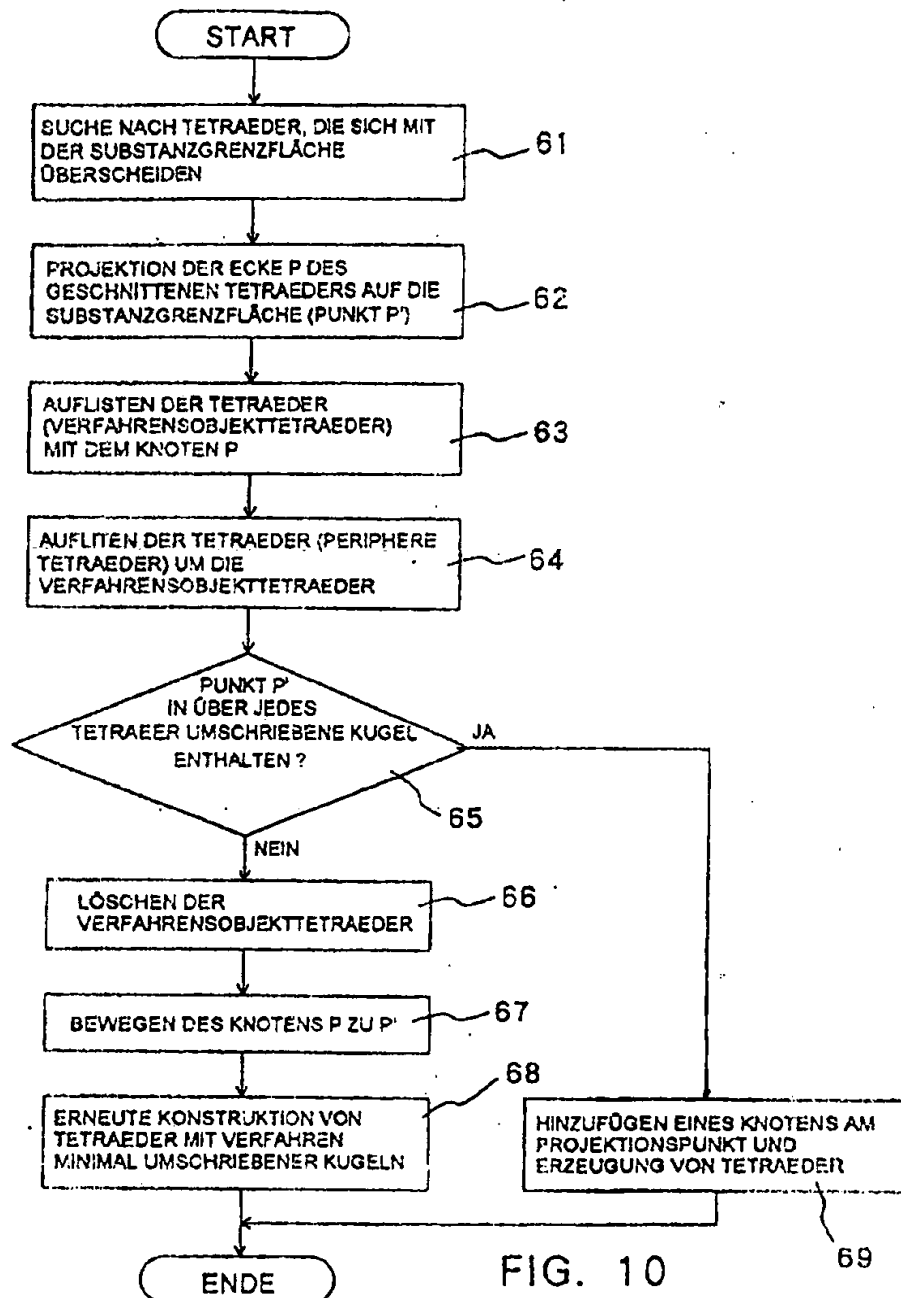


FIG. 10

69